

①⑨ BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

①② **Offenlegungsschrift**  
①① **DE 30 07 307 A 1**

⑤① Int. Cl. 3:

**F 16 B 4/00**

②① Aktenzeichen:  
②② Anmeldetag:  
④③ Offenlegungstag:

P 30 07 307.5  
27. 2. 80  
23. 7. 81

*Behördeneigentum*

③① Unionspriorität: ③② ③③ ③①  
18.01.80 CH 404-80

⑦① Anmelder:  
BBC AG Brown, Boveri & Cie., Baden, Aargau, CH

⑦④ Vertreter:  
Luck, G., Dipl.-Ing. Dr.rer.nat., Pat.-Anw., 7891 Küssaberg

⑦② Erfinder:  
Melton, Keith, Dr., Busslingen, Aargau, CH; Mercier,  
Olivier, Dr., Ennetbaden, Aargau, CH

⑤⑤ Recherchenergebnis gem. § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG:

DE-OS	29 01 536
DE-OS	28 37 541
DE-OS	22 31 922
DE-OS	20 41 807
CH	5 96 457
BE	7 03 649
GB	13 27 442
GB	13 27 441
US	37 59 552
US	37 53 700
US	33 51 463
US	31 74 851
US	30 12 882

⑤④ Schrumpfverbindung und Verfahren zu deren Herstellung

DE 30 07 307 A 1

ORIGINAL INSPECTED

DE 30 07 307 A 1

3007307

- 8 -

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Schrumpfverbindung aus einer Formgedächtnislegierung, dadurch gekennzeichnet, dass als Material eine Gedächtnislegierung verwendet wird, welche den Zweiweg-  
effekt zeigt und dass die Schrumpfverbindung reversibel  
5 ist, dergestalt, dass sie beliebig auf ein Werkstück aufgebracht und wieder gelöst werden kann.
2. Schrumpfverbindung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als Material eine Gedächtnislegierung des Typs Ni/Ti oder Ni/Ti/Cu mit oder ohne weitere  
10 metallische Zusätze verwendet wird.
3. Schrumpfverbindung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass als Material eine Gedächtnislegierung verwendet wird, welche 43 - 45 Gew.-% Titan, 2 - 10  
Gew.-% Kupfer, 1 - 3 Gew.-% Eisen, Rest Nickel ent-  
15 hält.
4. Schrumpfverbindung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sie aus einer elastischen Radialspannung ausübenden zylindrischen Muffe aus einer Gedächtnislegierung und zwei zu verbindenden zylindrischen  
20 Bauteilen besteht.

130030/0700

3007307

- 2 -

- 10 -

5. Schrumpfverbindung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass zwei Stäbe (1, 2), deren Stirnseiten (3, 4) sich berühren, durch eine aus einer Gedächtnislegierung der Zusammensetzung 44,75 Gew.-% Titan, 48,25 Gew.-% Nickel, 5 Gew.-% Kupfer und 2 Gew.-% Eisen mit einer martensitischen Umwandlungstemperatur von  $-40^{\circ}\text{C}$  bestehenden Muffe (6) elastisch und völlig reversibel an ihren eine elastische Deformation erleidenden Teilen (7, 8) mit den elastischen Einschnürungen (9, 10) kraftschlüssig zusammengefügt sind.
6. Verfahren zur Herstellung einer Schrumpfverbindung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Werkstück aus einer zum Zweiwegeeffekt befähigten Formgedächtnislegierung zunächst durch Giessen, Schmieden und/oder mechanische Bearbeitung in eine den zu verbindenden Bauteilen entsprechende Hohlform gebracht, dann auf eine unter dem martensitischen Umwandlungspunkt liegende Temperatur abgekühlt und in den dabei vorliegenden martensitischen Gefügestand um einen Verformungsgrad im Bereich von 6 % bis 12 % mechanisch aufgeweitet wird, dass ferner das oder die zu verbindenden Teile bei besagter Temperatur in das die Hohlform aufweisende Werkstück aus der aufgeweiteten Gedächtnislegierung eingeführt und das Ganze auf Raum- oder Betriebstemperatur erwärmt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass eine aus vorgeschmiedetem Halbring durch mechanische Bearbeitung hergestellte zylindrische Muffe (5) aus einer Gedächtnislegierung der Zusammensetzung 44,75 Gew.-% Ti, 48,25 Gew.-% Ni, 5 Gew.-% Cu und 2 Gew.-% Fe auf

130030/0700

3007307

-3-

- 12 -

-50°C abgekühlt und mechanisch um einen Verformungs-  
grad von 9,7 % im Durchmesser aufgeweitet wird, dass  
in die im martensitischen Zustand vorliegende Muffe (5)  
auf jeder Seite ein Stahlstab (1, 2) lose bis gut  
5 passend bis zur Berührung der Stirnflächen (3, 4) ein-  
geführt und das Ganze auf Raumtemperatur erwärmt wird,  
wobei anschliessend die nun im austenitischen Zustand  
vorliegende Muffe (6) auf die eingeführten Teile (7, 8)  
der Stahlstäbe (1, 2) eine radiale Druckvorspannung aus-  
10 geübt und eine elastische Einschnürung (9, 10) erzeugt  
wird.

- I -

Schrumpfverbindung und Verfahren zu deren Herstellung

Die Erfindung geht aus von einer Schrumpfverbindung nach der Gattung des Anspruchs 1 und von einem Verfahren zu deren Herstellung nach der Gattung des Anspruchs 6.

Aus der DE-AS 2 065 651 ist eine Schrumpfverbindung in Form  
5 eines auf der Innenseite abgesetzten hohlen Formteils  
(innenverzahnte Muffe) aus einer Gedächtnislegierung bekannt, welche durch mehrstufige thermomechanische Behandlung hergestellt wird. Dieses insbesondere für feste Rohrverbindungen verwendete Bauelement, welches sich dank seiner Innen-  
10 verzahnung in die zu verbindenden Rohrstücke eingräbt und dort unter anderem bleibende Formänderungen verursacht, nützt den sog. Einwegeffekt einer Gedächtnislegierung aus. Derartige Verbindungen sind in der Regel nur einmal zu verwenden, d.h. sie sind nicht mehrmals lös- und montierbar.

15 Andererseits sind aus der DE-OS 2 331 568 und aus der US-PS 3 740 839 ebenfalls auf dem Einwegeffekt beruhende lösbare Verbindungen bekannt, welche ein gegenüber der Gedächtnislegierung als Antagonist wirkendes zusätzliches Federelement besitzen. Diese meist in Form von steckdosenähnlichen  
20 Gebilden ausgeführten Apparate haben nicht den Charakter

- 5 -

- 1 -

fester kraftschlüssiger Verbindungen sondern gleichen eher klammerartigen Festhalte-Mechanismen.

Die oben genannten Verbindungen weisen verhältnismässig komplizierte Formen auf und dürften in ihrer Herstellung  
5 ziemlich aufwendig sein. Ausserdem erfüllen sie die an eine lösbare kraftschlüssige Verbindung gestellten Anforderungen nur teilweise. Es besteht daher der Wunsch nach einem Bauelement, welches den Betriebsbedingungen der Praxis in höherem Masse gerecht wird.

10 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine möglichst aus einem einzigen Bauelement bestehende Schrumpfverbindung anzugeben, welche eine beliebige Anzahl montier- und demon-  
tierbar ist, wobei die zu verbindenden Teile keine bleibende Formänderung erleiden und jederzeit ohne Nacharbeiten wieder  
15 verwendet werden können.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss durch die Merkmale der Ansprüche 1 und 6 gelöst.

Die Erfindung wird anhand der nachfolgenden, durch Figuren erläuterten Ausführungsbeispiele beschrieben.

20 Dabei zeigt:

Fig. 1 einen Längsschnitt durch eine Verbindungsmuffe und zwei Stäbe vor dem Zusammenfügen bei einer Temperatur unterhalb des Umwandlungspunktes,

Fig. 2 einen Längsschnitt durch eine Verbindungsmuffe und

- 6 -

- 8 -

zwei Stäbe nach dem Zusammenfügen bei einer Temperatur unterhalb des Umwandlungspunktes,

- Fig. 3 einen Längsschnitt durch eine Verbindungsmuffe und zwei Stäbe nach dem Zusammenfügen bei einer Temperatur oberhalb des Umwandlungspunktes,
- Fig. 4 einen Längsschnitt durch eine Verbindungsmuffe und zwei Stäbe vor dem Auseinanderziehen der Stäbe bei einer Temperatur unterhalb des Umwandlungspunktes,
- Fig. 5 einen Längsschnitt durch eine Verbindungsmuffe und zwei Stäbe nach dem vollständigen Lösen der Verbindung bei einer Temperatur unterhalb des Umwandlungspunktes.

In Fig. 1 ist eine Schrumpfverbindung vor dem Zusammenfügen im Längsschnitt schematisch dargestellt. Eine Muffe 5 aus einer Gedächtnislegierung befindet sich auf einer Temperatur unterhalb des Punktes  $M_S$  der martensitischen Umwandlung, d.h. ihr Ausgangszustand ist martensitisch. Dabei weist sie einen solchen Innendurchmesser auf, welcher um einen geringen Betrag grösser ist, als der Aussendurchmesser der zu verbindenden Teile 1 und 2, so dass sich letztere leicht in die Muffe 5 einschieben lassen. Im vorliegenden Fall handelt es sich bei 1 und 2 um glatte Rundstäbe aus Stahl. Die Bewegungsrichtung für das Zusammenfügen der Stahlstäbe 1 und 2 ist durch gegeneinander weisende Pfeile in der Längsrichtung angedeutet.

- 7 -

- X -

Fig. 2 zeigt den Zustand nach dem Zusammenfügen der Stahlstäbe 1 und 2 innerhalb der Muffe 5 bei einer Temperatur unterhalb  $M_S$  (martensitischer Zustand). Dabei befinden sich die Stirnseiten 3 und 4 der Stahlstäbe 1 und 2 ungefähr in der Mitte der Längenabmessung der Muffe 5. Die Stirnseiten 3 und 4 können sich berühren oder gegebenenfalls einen geringen Abstand voneinander aufweisen.

In Fig. 3 ist ein schematischer Längsschnitt durch die Verbindung nach dem Zusammenfügen der zu verbindenden Teile bei Betriebstemperatur, d.h. einer oberhalb des Punktes  $M_S$  der martensitischen Umwandlung liegenden Temperatur dargestellt. In diesem Zustand ist die Muffe 6 austenitisch und weist, verursacht durch radiale Kontraktion eine gegenüber dem martensitischen Zustand 5 (Ausgangszustand) reduzierte Form auf. Dabei werden durch das Zusammenziehen die durch Pfeile angedeuteten Radialkräfte auf die Stahlstäbe 1 und 2 ausgeübt, derart, dass diese radial zusammengedrückt werden. Die Formänderungen aller Teile 1, 2 und 6 erfolgen rein im elastischen Bereich. Stahlstab 1 weist also den elastisch deformierten Teil 7 und die elastische Einschnürung 9, Stahlstab 2 den elastisch deformierten Teil 8 und die elastische Einschnürung 10 auf.

Fig. 4 zeigt einen schematischen Längsschnitt durch eine Verbindungsmuffe und zwei Stäbe vor dem Auseinanderziehen der letzteren bei einer Temperatur, die unterhalb des Umwandlungspunktes  $M_S$  liegt. Dabei hat die Muffe 5 durch die erfolgte Expansion im martensitischen Zustand wieder die in Fig. 1 dargestellte Form angenommen. Die Stäbe 1 und 2 sitzen nur lose in der Muffe 4 und können in Längsrichtung aus



- 8 -

3007307

- 5 -

dieser entfernt werden, was durch nach aussen weisende Pfeile angedeutet ist.

In Fig. 5 ist der Zustand nach dem vollständigen Lösen der Verbindung dargestellt. Die Stäbe 1 und 2 sind aus der Muffe 5 entfernt. Die Dimensionen entsprechen genau den-  
5       jenigen der Fig. 1, wodurch der Ausgangszustand bei einer Temperatur unterhalb von  $M_S$  wieder erreicht ist.

Es soll hier nochmals betont werden, dass die Muffe 5 bzw. 6 keinerlei innere Rauigkeiten, Verzahnungen oder abgesetzte  
10       Stellen aufweist, was ihre Herstellung ausserordentlich vereinfacht. Die Kraftübertragung der Verbindung gemäss Fig. 3 erfolgt demnach durch reine Reibung und es sind keine bleibenden Formänderungen, welche für eine beliebig lösbare Verbindung von schwerwiegendem Nachteil wären, zu befürchten.

15       Selbstverständlich können die Stäbe 1 und 2 auch aus einem beliebigen anderen Werkstoff als Stahl bestehen. Es können auch Hohlkörper, z.B. Rohre sein. Die Form ist nicht auf den in den Figuren dargestellten kreisförmigen Querschnitt begrenzt. Letzterer kann auch drei-, vier-, sechs-, acht-  
20       eckig, rechteckig (Flachstab) oder elliptisch sein.

#### Ausführungsbeispiel I:

-----

Siehe Fig. 1 bis 5.

Aus vorgeschmiedetem Halbzeug aus einer Formgedächtnislegierung wurde eine hohlzylindrische Muffe mit folgenden Dimen-  
25       sionen hergestellt:

130030/0700

3007307

-9-

-6-

Aussendurchmesser: 26 mm  
Innendurchmesser: 19,6 mm  
Axiale Länge: 36 mm

Die Legierung hatte folgende Zusammensetzung:

5	Titan:	44,75 Gew.-%
	Nickel:	48,25 Gew.-%
	Kupfer:	5 Gew.-%
	Eisen:	2 Gew.-%

Die Temperatur der martensitischen Umwandlung  $M_S$  dieser Legierung beträgt  $-40^{\circ}\text{C}$ .

Die Muffe wurde bei einer Temperatur von  $-50^{\circ}\text{C}$  mittels eines Dornes um 1,9 mm auf einen Innendurchmesser von 21,5 mm aufgeweitet, was einem Verformungsgrad von 9,7 % entspricht. Hierauf wurde bei der gleichen Temperatur je ein glatter  
15 zylindrischer Stahlstab von 20 mm Durchmesser auf jeder Seite in die Muffe eingeführt (Fig. 2) und das Ganze auf Raumtemperatur erwärmt (austenitischer Zustand). Durch den Gedächtniseffekt zog sich die Muffe zusammen, so dass eine feste Verbindung entstand (Fig. 3). Nach einer abermaligen  
20 Abkühlung auf eine Temperatur von  $-50^{\circ}\text{C}$  (martensitischer Zustand) expandierte die Muffe derart, dass die Stahlstäbe ohne äussere Kraftanstrengung aus der Muffe entfernt werden konnten. Dieser Zyklus wurde mehrere Male wiederholt, ohne dass ein Nachlassen der durch den Zweiwegeffekt verursachten Radialkräfte festgestellt werden konnte.  
25

Beim Aufweiten von Hohlkörpern unterhalb  $M_S$  sind beträcht-

130030/0700

3007307

- 10 -

- 7 -

liche Kräfte erforderlich, da sich der Martensit bei den für den Zweiwegeffekt notwendigen Verformungsgraden stark verfestigt. Es empfiehlt sich daher, beim Aufdornen entsprechende geeignete Schmiermittel anzuwenden.

5 Ausführungsbeispiel II:  
-----

Siehe Fig. 1 bis 5.

Aus dem Werkstoff gemäss Beispiel I wurde ein Ring von 20 mm axialer Länge (übrige Dimensionen wie Beispiel I) herausgearbeitet und in gleicher Weise auf 21,5 mm Innendurchmesser  
10 aufgeweitet. Hierauf wurde der Ring auf einen Stahlstab von 20 mm Durchmesser aufgeschrumpft, indem auf gleiche Art wie in Beispiel I verfahren wurde. Nach einer Abkühlung auf  
-50°C konnte der Ring leicht vom Stahlstab abgestreift werden. Nun wurde das Ganze während 50 h auf einer Temperatur  
15 von 250°C gehalten. Nach dieser Wärmebehandlung und Prüfung in einem weiteren Abkühlungs/Erwärmungszyklus konnte kein Nachlassen des Zweiweg-Gedächtniseffektes festgestellt werden.

Die Erfindung beschränkt sich nicht auf die in den Beispielen  
20 angegebenen Ausführungen. Es können insbesondere folgende Legierungen Verwendung finden:

	Titan:	43 bis 45 Gew.-%
	Kupfer:	2 bis 10 Gew.-%
	Eisen:	1 bis 3 Gew.-%
25	Nickel:	Rest

Ganz allgemein eignen sich für die Herstellung der Schrumpf-Hohlteile alle Gedächtnislegierungen des Typs Ni/Ti oder

Ni/Ti/Cu, welche noch weitere metallische Zusätze zur Beeinflussung der Umwandlungstemperatur  $M_S$  und der mechanischen Eigenschaften enthalten können und den Zweiwegeeffekt zeigen. Zur Durchführung des Verfahrens wird das zur

5 Schrumpfung bestimmte Hohlteil aus Gedächtnislegierung im martensitischen Gefügezustand (Temperatur unterhalb  $M_S$ ) zweckmässigerweise um einen Betrag von 6 bis 12 % (Verformungsgrad) aufgeweitet. Die Dimensionierung der Muffe soll dergestalt vorgenommen werden, dass sich die zu verbindenden

10 Bauteile lose bis gut passend in die Muffe einschieben lassen.

Durch das erfindungsgemässe Hohlteil und das erfindungsgemässe Verfahren wurde eine in ihrer Herstellung und Anwendung sehr einfache, jederzeit wiederholt lösbare und wieder

15 montierbare feste und kraftschlüssige Schrumpfverbindung geschaffen, welche die glatten, zu verbindenden Bauteile nur im elastischen Bereich deformiert und keinerlei bleibende Formänderungen hinterlässt. Dadurch werden Nacharbeiten an irgendwelchen Bauelementen im Verlauf eines

20 Löse- und Wiedermontier-Zyklus vermieden.

- 12 -

Z u s a m m e n f a s s u n g

Eine auf dem Zweiwegeeffekt von Gedächtnislegierungen beruhende lösbare Schrumpfverbindung wird dadurch erzeugt, dass ein aus einer Gedächtnislegierung bestehender Hohlkörper auf eine Temperatur unterhalb der martensitischen  
5 Umwandlung abgekühlt, die zu verbindenden Bauteile (1, 2) eingeschoben und das Ganze auf Raumtemperatur erwärmt wird. Das Lösen der Verbindung erfolgt durch Abkühlen des Ganzen unterhalb Umwandlungstemperatur und Trennen der verbundenen Bauteile (1, 2). Dieser Zyklus lässt sich  
10 mehrmals wiederholen.

(Fig. 3)

B e z e i c h n u n g s - l i s t e

- 1 = Stahlstab I
- 2 = Stahlstab II
- 3 = Stirnseite Stahlstab I
- 4 = Stirnseite Stahlstab II
- 5 = Muffe aus Gedächtnislegierung bei  
tiefer Temperatur  
(Ausgangszustand: martensitisch)
- 6 = Muffe aus Gedächtnislegierung bei  
Betriebstemperatur  
(Betriebszustand: austenitisch)
- 7 = Elastisch deformierter Teil Stahlstab I
- 8 = Elastisch deformierter Teil Stahlstab II
- 9 = Elastische Einschnürung Stahlstab I
- 10 = Elastische Einschnürung Stahlstab II

-14-  
Leerseite

3007307

- 15 -

Nummer:  
Int. Cl.<sup>3</sup>:  
Anmeldetag:  
Offenlegungstag:

30 07 307  
F 16 B 4/00  
27. Februar 1980  
23. Juli 1981

FIG 1

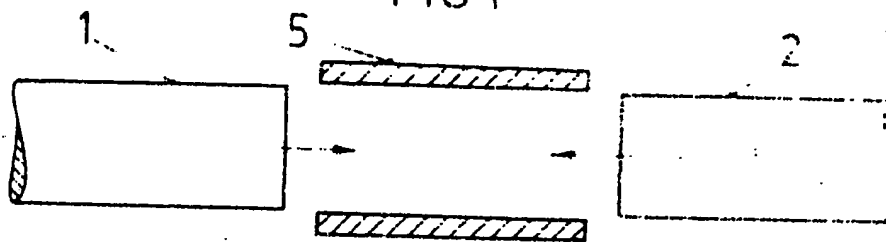


FIG.2

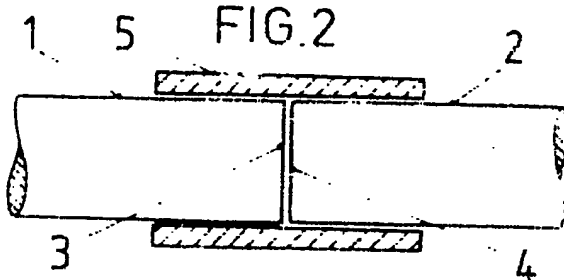


FIG.3

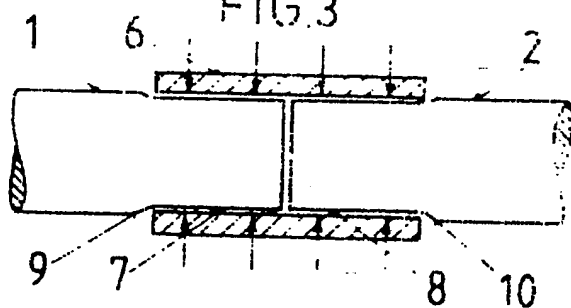


FIG.4

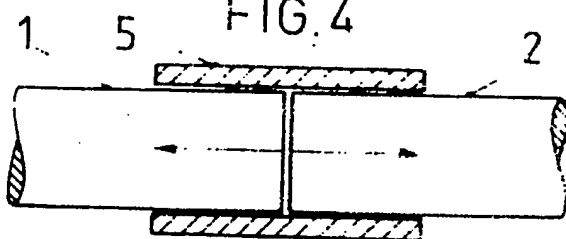
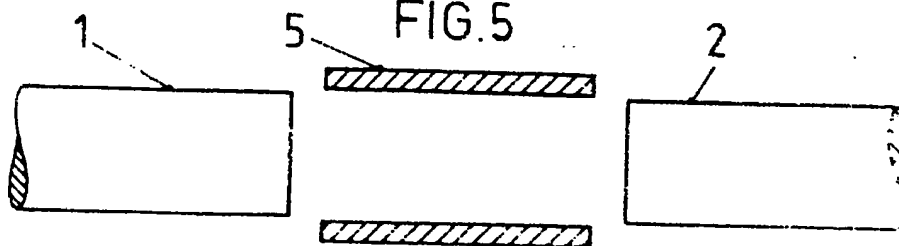


FIG.5



130030/0700

4/80 1'1

BEST AVAILABLE COPY